

SOSEFT

CALORIMETRIA E TERMODINAMICA

CENTRO DI ATENESE PER L'ORIENTAMENTO
LA FORMAZIONE E LA TELECOMUNICAZIONE

G. Roberti

422. A due corpi, alla stessa temperatura, viene fornita la stessa quantità di calore. Al termine del riscaldamento i due corpi avranno ancora pari temperatura se:

- A) hanno la stessa massa e lo stesso volume
- B) hanno lo stesso calore specifico e la stessa massa**
- C) hanno lo stesso volume e lo stesso calore specifico
- D) il calore è stato fornito ad essi allo stesso modo
- E) entrambi si trovano nel vuoto



C = Capacità termica di un **corpo** =

= Calore scambiato / variazione di temperatura = $\Delta Q / \Delta t$

c = Calore specifico di una **sostanza** =

= Calore scambiato / (massa variazione di temperatura) = $\Delta Q / m \Delta t$

$$c = C / m$$

$$\Delta t = \Delta Q / m c$$

Poichè ΔQ è lo stesso per i due corpi, essi subiscono la stessa Δt se hanno la stessa massa e lo stesso calore specifico.





426. La quantità di calore necessaria per innalzare la temperatura di 1 kg d'acqua da 14,5 °C a 15,5 °C è:

A) 1 kcal

B) 4,18 kcal

C) 1000 kcal

D) 1 J

E) 4,18 J



Definizione di caloria (**grande caloria, kcal, Cal**)

La quantità di calore necessaria per aumentare la temperatura di **1 kg** di acqua distillata da 14.5°C a 15.5 °C.

Definizione di piccola caloria (**cal**)

La quantità di calore necessaria per aumentare la temperatura di **1 g** di acqua distillata da 14.5°C a 15.5 °C.

$$1 \text{ kcal} = 10^3 \text{ cal}$$

Con questa definizione di caloria, il calore specifico dell'acqua è

$$C_{\text{acqua}} = Q / m \Delta t = 1 \text{ Kcal} / \text{kg } ^\circ\text{C} = \cancel{10^3} \text{ cal} / \cancel{10^3} \text{ g } ^\circ\text{C} = \\ = \text{cal} / \text{g } ^\circ\text{C}$$





480. Nell'esperimento del mulinello di Joule si osserva che:

- A) il calore si conserva
- B) il lavoro può essere totalmente convertito in calore**
- C) il calore può essere totalmente convertito in lavoro
- D) il calore si conserva meglio del lavoro
- E) il calore non può essere trasformato in lavoro

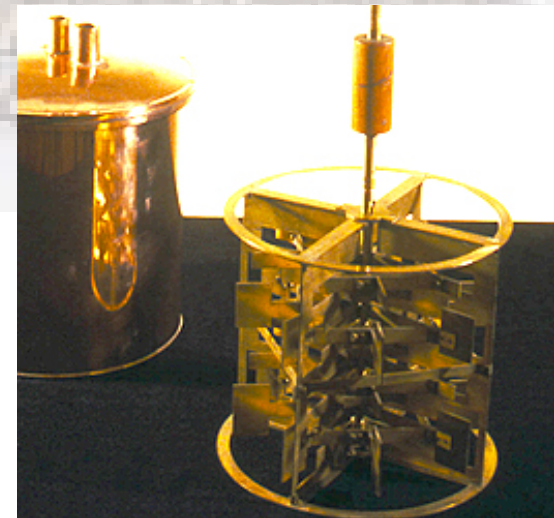


Esperienza di Joule Vai a pag....

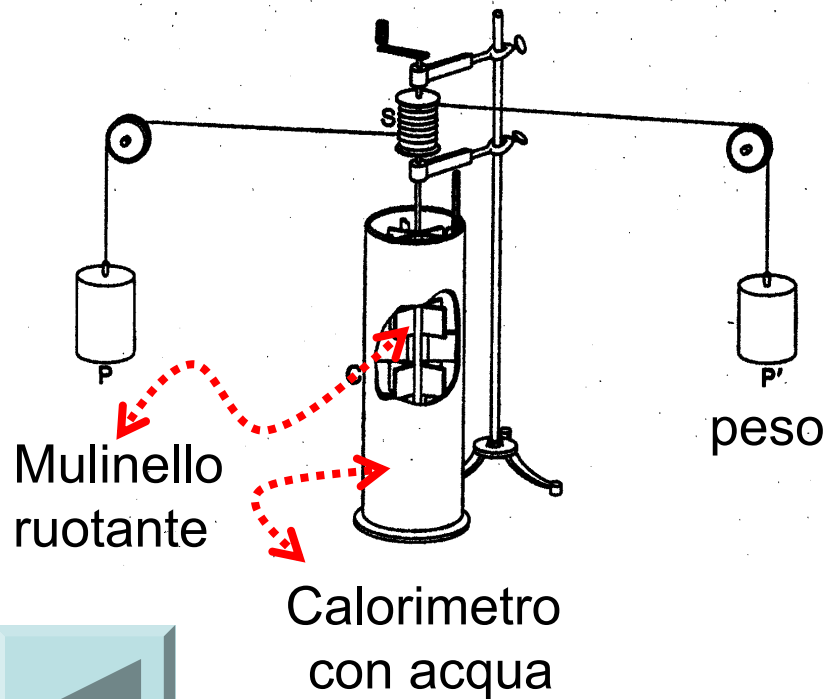


Nel mulinello di Joule l'energia potenziale dei pesi si trasforma in energia di rotazione del mulinello. La resistenza che il mulinello incontra nel rotare nell'acqua trasforma la sua energia di rotazione in energia termica, che riscalda l'acqua.

Il lavoro di caduta, fatto dalla forza peso, si converte totalmente in calore.



L'esperienza di Joule



I pesi cadendo fanno ruotare il mulinello. La resistenza che le pale incontrano nel muoversi nell'acqua trasformano l'energia di rotazione in energia termica dell'acqua.

Il lavoro fornito al sistema è dato dalla diminuzione di energia potenziale che subiscono le masse cadendo.

$$\text{calore "prodotto"} = Q = c_{\text{acqua}} m_{\text{acqua}} \Delta t_{\text{acqua}}$$

$$J = \text{equivalente meccanico della caloria} = \\ = L / Q = 4186 \text{ J} / \text{kcal} = 4.186 \text{ J} / \text{cal}$$

Il mulinello
in azione

J si usa per esprimere in Joule una quantità di calore misurata in Calorie e per esprimere in Calorie un lavoro misurato in Joule.

$$Q(\text{Joule}) = Q(\text{Calorie}) \times J$$

$$L(\text{calorie}) = L(\text{Joule}) / J$$

485. Un sistema termodinamico riceve dall'esterno una quantità di calore pari a 4 J e contemporaneamente compie un lavoro di uguale entità sull'esterno. La variazione di energia interna del sistema vale:

- A) + 8 J B) - 4 J
D) + 4 J E) + 16 J

C) 0

I Principio della Termodinamica Vai a pag....

In questo caso

$$Q = Q_1 > 0$$

Q_1 è positivo perché assorbito dal sistema.

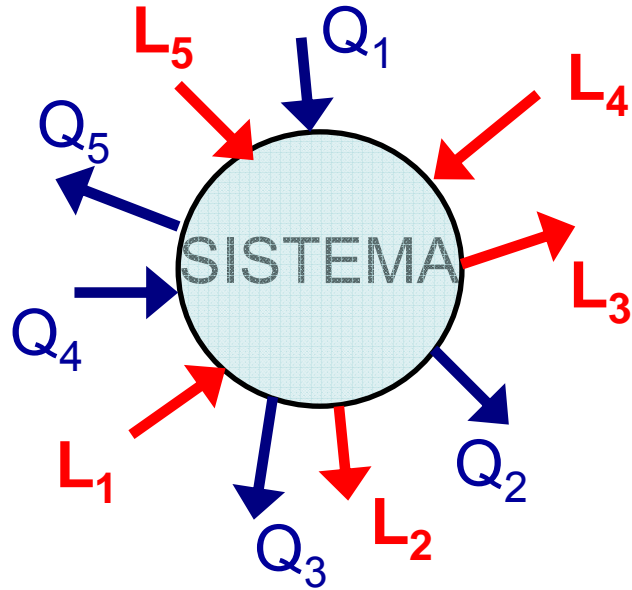
$$L = L_1 > 0$$

L_1 è positivo perché compiuto dal sistema.

$$\Delta U = Q - L = Q_1 - L_1 = 4 \text{ J} - 4 \text{ J} = 0$$



Il primo principio della termodinamica



$$\Delta U = Q - L$$

$U(S)$ = energia interna che dipende solo dallo stato S del sistema (funzione di stato)

ΔU = variazione di energia interna del sistema

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_i + \dots + L_M$$



L è la somma algebrica dei lavori scambiati dal sistema con l'ambiente ($L_i > 0$: Lavoro compiuto dal sistema sull'ambiente).

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_i + \dots + Q_N$$



Q è la somma algebrica delle quantità di calore scambiati dal sistema con l'ambiente ($Q_i > 0$: calore che il sistema assorbe dall'ambiente).



450. Il primo principio della termodinamica:

- A) è un principio di inerzia
- B) è un principio di conservazione dell'energia**
- C) è valido soltanto per i gas perfetti
- D) riguarda solamente le trasformazioni reversibili
- E) riguarda solo le trasformazioni reversibili



Il primo principio della termodinamica $\Delta U = Q - L$ afferma che la variazione (positiva o negativa) dell'energia U di un sistema è uguale all'energia che il sistema sottrae o cede all'ambiente circostante, sia sotto forma di lavoro meccanico che di calore.

Se il sistema è isolato termicamente ($Q = 0$) e meccanicamente ($L = 0$), allora la sua energia U non varia.

Nei sistemi macroscopici, per effetto delle resistenze passive, scompare energia meccanica e appare, in egual misura, energia termica: l'energia meccanica e quella termica non si conservano singolarmente, ma si conserva la loro somma.

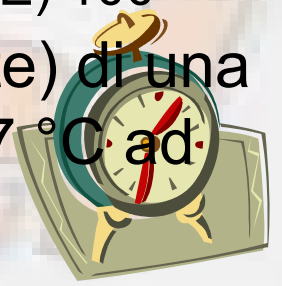




423. Una data quantità di gas perfetto, contenuto in un recipiente a pareti rigide, viene riscaldata dalla temperatura di 27 °C a quella di 127 °C. La sua pressione è aumentata di un fattore:

- A) 2 **B) 4/3** C) 3/2 D) 10 E) 100

Si tratta di un riscaldamento isocoro (a volume costante) di una data quantità di gas perfetto da una temperatura $t_1 = 27^\circ\text{C}$ ad una temperatura $t_2 = 127^\circ\text{C}$.



Equazione di stato dei gas perfetti: $PV = n R T$

P , V = pressione e volume del gas

$R = 0.082 \text{ l atm / mole } ^\circ\text{K} = 8.31 \text{ J / mole } ^\circ\text{K}$

n = numero di moli di gas = massa del gas / peso molecolare

T =temperatura assoluta del gas=temperatura centigrada+273.16

$$\begin{aligned}
 t = t_1 & \quad P_1 V = n R T_1 \\
 t = t_2 & \quad P_2 V = n R T_2 \\
 \hline
 P_2 / P_1 & = T_2 / T_1 \\
 & = (127 + 273) ^\circ\text{K} / (27 + 273) ^\circ\text{K} = \\
 & = 400 ^\circ\text{K} / 300 ^\circ\text{K} = 4/3
 \end{aligned}$$





429. Un sistema isolato passa spontaneamente da uno stato S_1 ad uno stato S_2 attraverso un processo reale, cioè irreversibile. In merito all'entropia, si può affermare che:

A) l'entropia diminuisce
B) l'entropia resta costante in quanto il sistema è, per ipotesi, isolato

C) l'entropia aumenta

D) l'entropia resta costante se il processo è isobaro

E) l'entropia resta costante se il processo è isocoro

L'entropia (S) è una funzione di stato termodinamica che misura il disordine di un sistema.

Per un sistema che compie una trasformazione **reversibile** a temperatura T scambiando con l'ambiente la quantità di calore Q

$$\text{Variazione di entropia} = \Delta S = Q / T$$

ΔS è > 0 , < 0 , $= 0$ a seconda che $Q > 0$, < 0 , $= 0$

Per una trasformazione irreversibile è sempre $\Delta S > 0$.



430. Nel corso di un lento passaggio di stato da acqua a ghiaccio la temperatura:

- A) resta costante e l'acqua cede calore
- B) aumenta e l'acqua assorbe calore
- C) diminuisce e l'acqua assorbe calore
- D) aumenta e l'acqua cede calore
- E) diminuisce e l'acqua cede calore



Il passaggio di stato ghiaccio-acqua (fusione) avviene, con assorbimento di calore, alla temperatura di 0°C alla pressione di 1 atm.

Calore latente di fusione del ghiaccio = $\lambda_{\text{ghiaccio}} = 79.7 \text{ kcal/kg}$

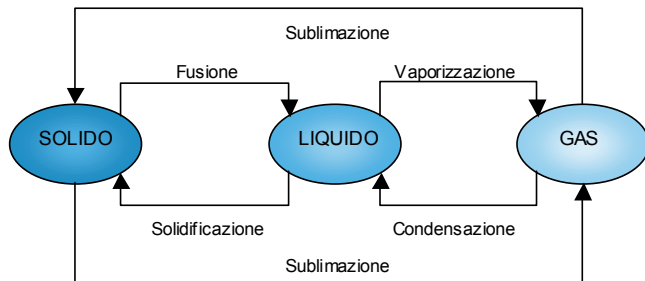
Il passaggio di stato acqua-ghiaccio (solidificazione), con cessione di calore, avviene alla temperatura di 0°C alla pressione di 1 atm.

Calore latente di solidificazione dell'acqua = $\lambda_{\text{acqua}} = 79.7 \text{ kcal/kg}$

Vai a pag....

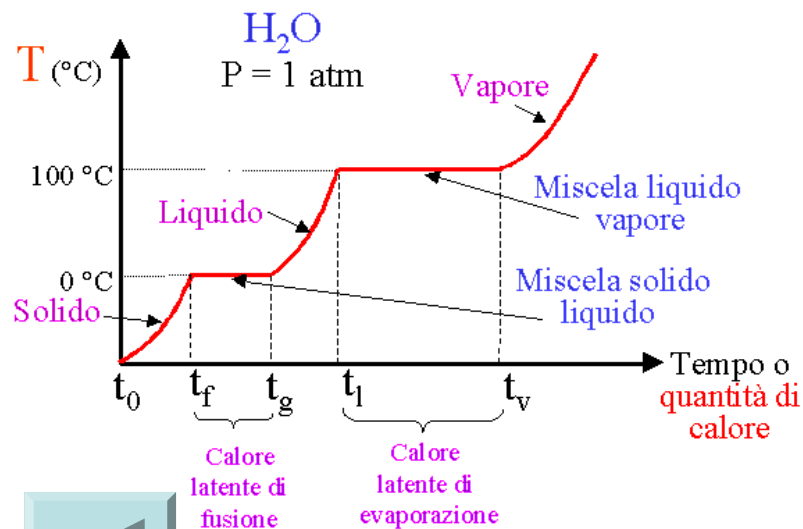


Cambiamenti di stato



Sono trasformazioni in cui non cambiano parametri di stato di un sistema (p, V, T), ma il suo stato (o fase) (solido, liquido, gassoso).

In un cambiamento di fase, il sistema assorbe o cede calore senza variare la sua temperatura. Per esempio, nella vaporizzazione, l'energia termica si trasforma in lavoro contro le forze attrattive che si esercitano tra le molecole.



Per le sostanze pure, i passaggi di stato avvengono per valori ben precisi della temperatura e della pressione, interdipendenti tra loro. Per le sostanze pure, il calore Q necessario per produrre il passaggio di stato di una massa m di sostanza



$$Q = \lambda m$$

λ = calore latente per il passaggio di stato



496. Il rendimento di una macchina termica si esprime:

- A) in calorie
- B) in joule
- C) in chilowattora
- D) con un numero puro**
- E) in erg



η = Rendimento di una macchina termica =
Lavoro prodotto / calore assorbito

Lavoro e calore sono grandezze che hanno le dimensioni dell'energia: η è una grandezza adimensionale.





436. Durante la compressione isoterma di un gas perfetto:

- A) il volume del gas aumenta
- B) la temperatura del gas aumenta
- C) non vi è scambio di calore con l'ambiente esterno
- D) la temperatura aumenta solo se la compressione è rapida
- E) nessuna risposta è corretta**

I principio della termodinamica

$$\Delta U = Q - L$$



Per una compressione isoterma di un gas perfetto

$$T = \text{cost}$$

$$U = \text{cost}$$

$$\Delta U = 0$$

$$Q = L$$

$$L < 0$$

Lavoro compiuto sul sistema

$$Q < 0$$

Calore ceduto dal sistema





431. Una macchina termica ideale ha un rendimento del 20%. Se essa assorbe in un ciclo una quantità di calore pari a 50 J quale sarà il lavoro compiuto?

- A) 10 J
- B) 50 J
- C) 100 J
- D) Non si può rispondere dato che non viene data la temperatura della sorgente a temperatura più alta
- E) 25 J



η = Rendimento di una macchina termica =
Lavoro prodotto / calore assorbito = L / Q

$$L = \eta Q = 0.2 \cdot 50 \text{ J} = 10 \text{ J}$$



432. Trasferire calore da un corpo più freddo a uno più caldo:



- A) non è mai possibile
- B) è possibile solo spendendo lavoro**
- C) contraddice il principio della termodinamica
- D) contraddice il secondo principio della termodinamica
- E) può avvenire solo nel vuoto



Il principio della Termodinamica (Formulazione di Clausius)

E' impossibile realizzare una trasformazione il cui **unico** risultato sia il passaggio di calore da una sorgente a temperatura minore ad una a temperatura maggiore.

Il trasferimento di calore è impossibile se è l'unico risultato della trasformazione: è possibile se si compie lavoro, come succede nei normali frigoriferi.





433. Quando in un recipiente aperto un liquido evapora si osserva, in generale, per il liquido:

- A) aumento di temperatura del liquido
- B) diminuzione di pressione nel liquido
- C) diminuzione di temperatura del liquido**
- D) aumento di pressione nel liquido
- E) aumento di volume del liquido



Per far passare una parte del liquido contenuto in un recipiente allo stato di vapore bisogna fornire energia sotto forma di calore per aumentare le distanze tra le molecole compiendo un lavoro contro le forze attrattive che si esercitano tra esse.

Il calore necessario a questo scopo viene sottratto dal liquido restante che si raffredda.



442. Il secondo principio della termodinamica esclude la possibilità di:

- A) produrre lavoro mediante calore
- B) trasformare calore in lavoro
- C) trasformare integralmente il calore in lavoro in una trasformazione isoterma
- D) trasformare integralmente il calore in lavoro in un processo ciclico**
- E) trasformare integralmente il calore in lavoro in una trasformazione isobara



Il principio della Termodinamica (Formulazione di Clausius)
E' impossibile realizzare una trasformazione il cui **unico** risultato sia il passaggio di calore da una sorgente a temperatura minore ad una a temperatura maggiore.

Il principio della Termodinamica (Enunciato di Kelvin-Planck)
E' impossibile realizzare una trasformazione il cui **unico** risultato sia la conversione di calore in lavoro.





445. Una trasformazione adiabatica:

- A) avviene sempre ad energia interna costante
- B) è una trasformazione in cui non vi è scambio di calore tra ambiente e sistema
- C) è una trasformazione in cui la temperatura del sistema si mantiene sempre costante
- D) è una trasformazione sempre reversibile
- E) è una trasformazione in cui il calore assorbito dal sistema è uguale al lavoro da questi prodotto



I principio della termodinamica $\Delta U = Q - L$

Per una trasformazione adiabatica: $Q = 0$ $\Delta U = -L$

Compressione
adiabatica \longrightarrow Lavoro compiuto
sul sistema: $L < 0$ \longrightarrow $\Delta U > 0$

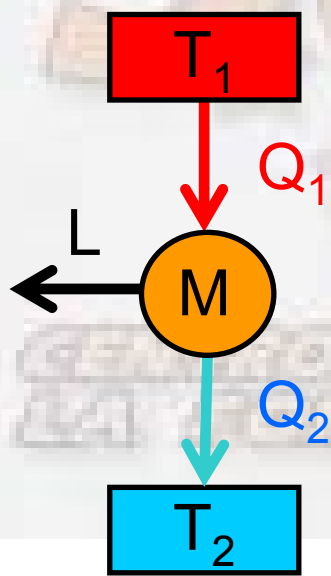
Espansione
adiabatica \longrightarrow Lavoro compiuto
dal sistema: $L > 0$ \longrightarrow $\Delta U < 0$





447. In una trasformazione ciclica reversibile, una macchina termica assorbe 450 kcal da un serbatoio di calore e cede 150 kcal ad un altro serbatoio di calore a temperatura più bassa. Il rendimento del ciclo è:

- A) 1/3 **B) 2/3** C) 3/5 D) 1/4 E) 3/4



Una macchina ciclica reversibile che lavora tra due sorgenti è una macchina di Carnot.

Per una macchina di Carnot il rendimento η è

$$\eta = 1 - \frac{\text{calore ceduto alla sorgente a } T \text{ minore}}{\text{calore assorbito dalla sorgente a } T \text{ maggiore}}$$

$$T_1 > T_2$$

$$\eta = 1 - Q_2 / Q_1 = 1 - (150 \text{ kcal} / 450 \text{ kcal}) = 1 - 1/3 = 2/3 = 0.66 = 66 \%$$



449. La temperatura di ebollizione dell'acqua dipende:



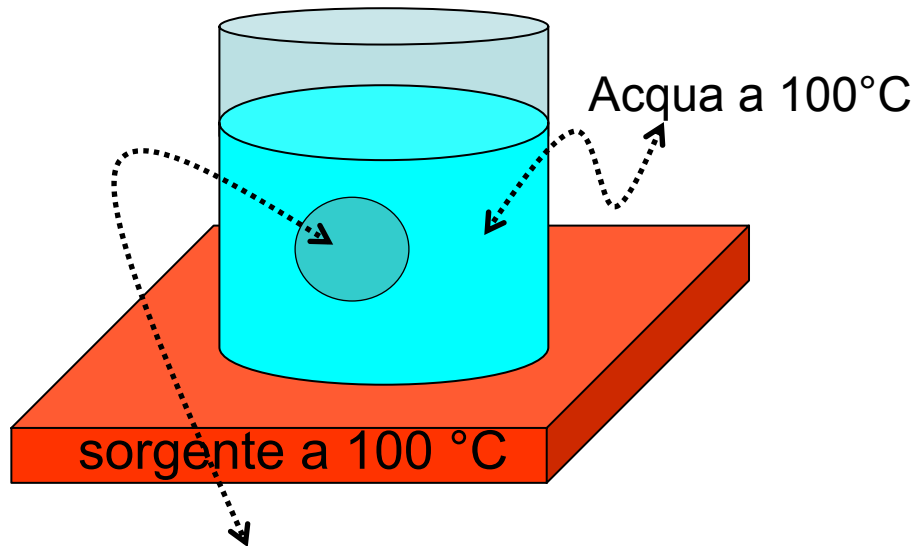
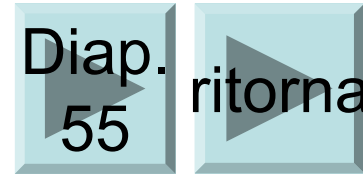
A) dalla pressione esterna

B) dal calore specifico dell'acqua

C) dalla quantità d'acqua presente

D) dalla densità dell'acqua

E) dal vapore d'acqua presente nell'atmosfera



All'ebollizione, nell'acqua si formano bolle di vapore saturo di acqua.

La pressione di vapore saturo nella bolla deve essere almeno pari alla pressione atmosferica.

La pressione di vapore saturo dipende dalla sola temperatura.

Bolla con vapore saturo di acqua a 100 °C

All'ebollizione

$$P_{\text{sat}}(t_{\text{eb}}) = P_0$$



$$P_0 = 1 \text{ atm} \implies t_{\text{eb}} = 100 \text{ °C} \quad \text{perché} \quad P_{\text{sat}}(100\text{°C}) = 1 \text{ atm}$$



454. L'energia interna di un gas perfetto è:

- A) la somma delle energie cinetiche delle diverse molecole
- B) la somma delle energie cinetiche e potenziali delle diverse molecole
- C) la qualità di calore posseduta dal gas
- D) la temperatura del gas
- E) l'energia potenziale dipendente dall'interazione tra le molecole di gas



In un gas perfetto sono trascurabili le forze d'interazione tra le molecole, per cui non l'energia potenziale d'interazione è nulla.

L'unica forma di energia che hanno le molecole di un gas perfetto è l'energia cinetica





455. In un gas perfetto, a volume costante, se aumenta la temperatura del gas e rimane costante il numero delle moli, la sua pressione p:

- A) aumenta linearmente con la temperatura assoluta
- B) diminuisce linearmente con la temperatura assoluta
- C) rimane costante in base alla legge di Boyle
- D) aumenta con il quadrato della temperatura assoluta
- E) diminuisce con il quadrato della temperatura



Equazione di stato dei gas perfetti: $PV = n R T$

P , V = pressione e volume del gas

N = numero di moli di gas = massa del gas / peso molecolare

T =temperatura assoluta del gas=temperatura centigrada+273.16

$$P = n R T / V$$

$$\left. \begin{array}{l} V = \text{cost} \\ n = \text{cost} \end{array} \right\}$$



$$P = (n R / V) T = \text{cost } T$$





456. Affinché un gas perfetto si espanda lentamente mantenendo costante la sua temperatura:

- A) occorre sottrarre calore dal gas
- B) la pressione deve dimezzarsi
- C) occorre fornire calore al gas**
- D) è una trasformazione impossibile
- E) è una trasformazione isovolumica



Il primo principio della termodinamica

$$\Delta U = Q - L$$

Nell'espansione di un gas perfetto a temperatura costante

$$\Delta U = 0 \qquad L > 0$$

$$Q = \Delta U + L = L > 0$$

Il sistema assorbe calore ($Q > 0$).





457. Nel vuoto è possibile la trasmissione del calore?

- A) No, in nessun caso
- B) Si, ma solo per conduzione
- C) Si, ma solo per convezione
- D) Si, ma solo per irraggiamento**
- E) Dipende linearmente dalla differenza delle temperature



Sia la propagazione per conduzione che per convezione richiede la presenza di materia.

Solo la propagazione per irraggiamento che avviene attraverso onde elettromagnetiche che si propagano anche nel vuoto non richiede la presenza di un mezzo.





462. Rispetto al livello del mare, in montagna l'acqua:

- A) bolle a una temperatura maggiore
- B) bolle alla stessa temperatura
- C) bolle a una temperatura minore
- D) non bolle
- E) si solidifica sempre

Confronta con esercizio....



All'ebollizione

$$P_{\text{sat}}(t_{\text{eb}}) = P_0$$

$$P_0 = 1 \text{ atm} \longrightarrow t_{\text{eb}} = 100 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{perché} \quad P_{\text{sat}}(100^\circ\text{C}) = 1 \text{ atm}$$

In montagna

$$P_0 < 1 \text{ atm} \longrightarrow t_{\text{eb}} < 100 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{perché} \quad P_{\text{sat}}(t < 100^\circ\text{C}) < 1 \text{ atm}$$

Diap
52



473. Due recipienti di uguale volume, il primo dei quali è alla temperatura di 127 °C mentre il secondo è a 27 °C, contengono uno stesso tipo di gas trattabile come gas perfetto. In entrambi i recipienti il gas esercita la stessa pressione. In tale stato, il rapporto R tra il numero di moli di gas nel recipiente a più alta temperatura e il numero di moli di gas nel recipiente a temperatura minore vale:

- A) 27/127 B) 1 C) 4/3 **D) 3/4** E) 1/2

Equazione di stato dei gas perfetti: $PV = n R T$

Stato 1 $P, V, t_1 = 27 \text{ °C}$

Stato 2 $P, V, t_2 = 127 \text{ °C}$



$$t = t_1 \quad P V = n_1 R T_1$$

$$t = t_2 \quad P V = n_2 R T_2$$

$$1 = n_1 T_1 / n_2 T_2$$

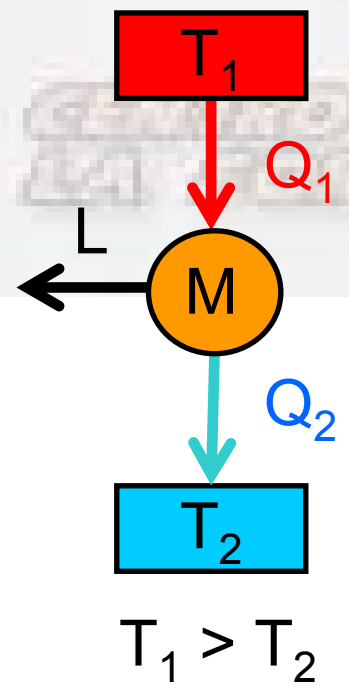
$$\begin{aligned} n_2 / n_1 &= T_1 / T_2 = \\ &= (t_1 + 273) / (t_2 + 273) = \\ &= (17 + 273) \text{ °K} / (127 + 273) \text{ °K} = \\ &= 300 \text{ °K} / 400 \text{ °K} = 3/4 \end{aligned}$$





476. Il ciclo di Carnot è costituito da una serie di trasformazioni di stato che, fissate le temperature dei serbatoi di calore:

- A) possono essere compiute soltanto da un gas perfetto
- B) consentono di calcolare con una formula molto semplice il rendimento di macchine ideali**
- C) possono essere percorse soltanto in verso orario
- D) portano il sistema da una condizione di minore ad una di maggiore entropia
- E) possono essere effettuate solo cambiando la pressione, ma non il volume



Lavoro prodotto in un ciclo = $Q_1 - Q_2$

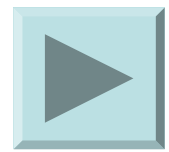
Rendimento = $\eta = (Q_1 - Q_2) / Q_1 = 1 - Q_2 / Q_1$

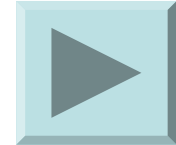
Poiché

$Q_2 / Q_1 = T_2 / T_1$

Rendimento = $\eta = 1 - T_2 / T_1$

Vai a pag....





Il ciclo di Carnot è costituito da quattro fasi consecutive:

(a) espansione isoterma

Il sistema si trova all'inizio nello stato A, alla temperatura T_c . A questo punto si mette a contatto con una sorgente di calore alla temperatura T_c . La macchina assorbe il calore Q_c , compie lavoro espandendosi, mentre diminuisce la pressione esercitata dal pistone sul gas.

b) espansione adiabatica

Giunto allo stato B, il gas viene isolato adiabaticamente, continua a espandersi (facendo ancora lavoro utile) mentre diminuisce la pressione. Viene percorsa l'espansione adiabatica BC, al termine della quale il sistema si porta alla temperatura T_f minore di T_c .

c) compressione isoterma

Partendo dallo stato C si aumenta la pressione (facendo dall'esterno lavoro sul sistema) mentre il gas è in contatto con una sorgente di calore alla temperatura T_f . Si tratta della compressione isoterma CD nel corso della quale il gas cede il calore Q_f alla sorgente.

(d) compressione adiabatica

Per concludere il ciclo è necessario ritornare allo stato A. Si isola termicamente il gas e si diminuisce la pressione (ancora lavoro negativo). Si tratta della compressione adiabatica DA, che riporta il sistema nelle condizioni iniziali.

Ciclo di Carnot

